

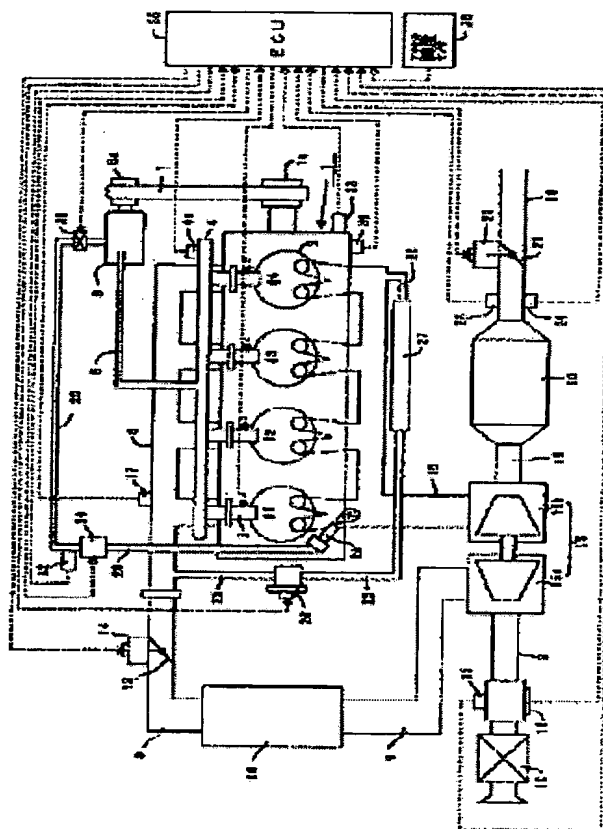
**EXHAUST EMISSION CONTROL DEVICE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

**Patent number:** JP2002155793  
**Publication date:** 2002-05-31  
**Inventor:** HAYASHI KOTARO; MATSUSHITA SOICHI; OKI HISASHI; MAGATA HISAFUMI; ISHIYAMA SHINOBU; KOBAYASHI MASAOKI; SHIBATA DAISUKE; ODA TOMIHISA; HARADA YASUO; NEGAMI AKIHIKO; MATSUOKA HIROKI; OTSUBO YASUHIKO; AOYAMA TARO; TAWARA ATSUSHI  
**Applicant:** TOYOTA MOTOR CORP  
**Classification:**  
- **international:** F02D45/00; F01N3/08; F01N3/20; F02D41/02; F02D41/04  
- **european:**  
**Application number:** JP20000357417 20001124  
**Priority number(s):**

**Abstract of JP2002155793**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve an exhaust emission control technology of an internal combustion engine by establishing a technology judging the state of deterioration of a NOx catalyst.

**SOLUTION:** The exhaust emission control device is provided with a lean combustion type internal combustion engine 1; an NOx catalyst 20; an NOx purification control means 35 for executing NOx purification processing so as to release and reduce a nitrogen oxide absorbed by the NOx catalyst 20; a poisoning dissolving control means 35 for executing poisoning dissolving processing so as to dissolve poisoning of the NOx catalyst by an oxide; a poisoning dissolving processing number memory means 35 for memorizing the number of the poisoning dissolving processing executed by the poisoning dissolving control means 35; and a catalyst deterioration judgment means 35 for judging a deterioration state of the NOx catalyst based on the executed number of the poisoning dissolving processing memorized in the poisoning dissolving processing number memory means 35.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-155793

(P2002-155793A)

(43)公開日 平成14年5月31日(2002.5.31)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード\*(参考)

F 0 2 D 45/00

3 1 4

F 0 2 D 45/00

3 1 4 Z 3 G 0 8 4

F 0 1 N 3/08

F 0 1 N 3/08

A 3 G 0 9 1

3/20

3/20

E 3 G 3 0 1

F 0 2 D 41/02

3 0 1

F 0 2 D 41/02

3 0 1 F

41/04

3 0 5

41/04

3 0 5 A

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 14 頁)

(21)出願番号

特願2000-357417(P2000-357417)

(22)出願日

平成12年11月24日(2000.11.24)

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 林 孝太郎

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 松下 宗一

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74)代理人 100089244

弁理士 遠山 勉 (外3名)

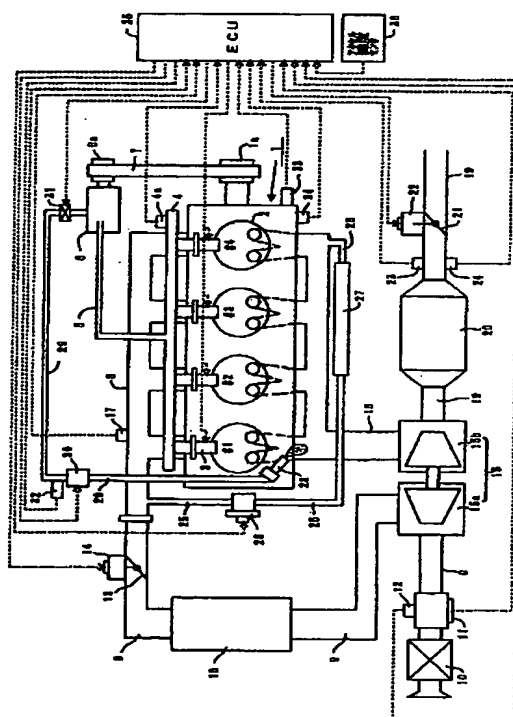
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 内燃機関の排気浄化装置

(57)【要約】

【課題】NOx触媒の劣化の状態を判断する技術を確立することにより、内燃機関の排気浄化技術の向上を図る。

【解決手段】希薄燃焼式の内燃機関1と、NOx触媒20と、NOx触媒20に吸収された窒素酸化物を放出及び還元すべくNOx浄化処理を実行するNOx浄化制御手段35と、NOx触媒の酸化物による被毒を解消すべく被毒解消処理を実行する被毒解消制御手段35と、被毒解消制御手段35が実行した被毒解消処理の回数を記憶する被毒解消処理回数記憶手段35と、被毒解消処理回数記憶手段35に記憶された被毒解消処理の実行回数に基づいてNOx触媒の劣化状態を判断する触媒劣化判断手段35と、を具備した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸素過剰状態の混合気を燃焼可能とする希薄燃焼式の内燃機関と、  
前記内燃機関の排気通路に設けられ、排気の空燃比が高いときは排気中の窒素酸化物を吸収し、排気の空燃比が低いときは吸収していた窒素酸化物を放出しつつ還元するNOx触媒と、  
前記NOx触媒に吸収された窒素酸化物を放出及び還元すべくNOx浄化処理を実行するNOx浄化制御手段と、  
前記NOx触媒の酸化物による被毒を解消すべく被毒解消処理を実行する被毒解消制御手段と、  
前記被毒解消制御手段が実行した被毒解消処理の回数を記憶する被毒解消処理回数記憶手段と、  
前記被毒解消処理回数記憶手段に記憶された被毒解消処理の実行回数に基づいて前記NOx触媒の劣化状態を判断する触媒劣化判断手段と、

を具備することを特徴とする内燃機関の排気浄化装置。

【請求項2】 前記触媒劣化判断手段は、予め求められた被毒解消処理実行回数と触媒劣化度合との相関関係に基づいて前記NOx触媒の劣化状態を判断することを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関の排気を浄化する技術に関し、特に、排気中の窒素酸化物を浄化する排気浄化装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、自動車等に搭載される内燃機関、特に酸素過剰状態の混合気（所謂、リーン空燃比の混合気）を燃焼可能とするディーゼル機関やリーンバーン・ガソリン機関では、該内燃機関の排気中に含まれる窒素酸化物（NOx）を浄化する技術が望まれている。

【0003】このような要求に対し、内燃機関の排気系にリーンNOx触媒を配置する技術が提案されている。リーンNOx触媒の一つとして、流入する排気の酸素濃度が高いときは排気中の窒素酸化物（NOx）を吸収し、流入する排気の酸素濃度が低下し且つ還元剤が存在するときは吸収していた窒素酸化物（NOx）を放出しつつ窒素（N<sub>2</sub>）に還元する吸蔵還元型NOx触媒が知られている。

【0004】吸蔵還元型NOx触媒が内燃機関の排気系に配置されると、内燃機関が希薄燃焼運転されて排気の空燃比が高くなるときは排気中の窒素酸化物（NOx）が吸蔵還元型NOx触媒に吸収され、吸蔵還元型NOx触媒に流入する排気の空燃比が低くなったときは吸蔵還元型NOx触媒に吸収されていた窒素酸化物（NOx）が放出されつつ窒素（N<sub>2</sub>）に還元される。

【0005】ところで、吸蔵還元型NOx触媒のNOx吸収能力には限りがあるため、内燃機関が長期にわたって希薄燃焼運転されると、吸蔵還元型NOx触媒のNOx吸

収能力が飽和し、排気中の窒素酸化物（NOx）が吸蔵還元型NOx触媒によって除去されことなく大気中に放出されることになる。

【0006】従って、吸蔵還元型NOx触媒を希薄燃焼式内燃機関に適用する場合は、吸蔵還元型NOx触媒のNOx吸収能力が飽和する前に該吸蔵還元型NOx触媒に流入する排気の空燃比を低下させる、所謂リッチスパイク制御を実行することにより、吸蔵還元型NOx触媒に吸収されている窒素酸化物（NOx）を放出及び還元させる必要がある。

【0007】リッチスパイク制御の具体的な方法としては、吸蔵還元型NOx触媒より上流を流れる排気中に還元剤たる燃料を添加する方法を例示することができる。

【0008】一方、吸蔵還元型NOx触媒には燃料に含まれる硫黄分が燃焼して生成される硫酸酸化物（SOx）もNOxと同じメカニズムで吸収される。この吸収されたSOxは時間経過とともに安定な硫酸塩を形成するためNOxよりも放出されにくく、NOx触媒内に蓄積される。これをSOx被毒といい、SOx被毒が進行してNOx触媒内のSOx蓄積量が増大すると、NOx触媒のNOx吸収量が減少するため、NOx浄化率が低下する。このため、適宜の時期にSOx被毒から回復させる被毒解消処理を施す必要がある。この被毒解消処理は、NOx触媒を高温（例えば600ないし700℃程度）にしつつ理論空燃比あるいはリッチ空燃比の排気をNOx触媒に流して行わなくてはならない。

【0009】しかし、SOx被毒を解消するためにNOx触媒を高温状態にすると、この高温がNOx触媒の熱劣化を誘発しNOx還元能力の低下の原因となる。

【0010】ここで、吸蔵還元型NOx触媒の熱劣化について説明すると、NOx触媒におけるNOxの吸収は白金Pt（触媒物質）とカリウムK（NOx吸収剤）との界面において行われるが、Ptは熱によってシタリングを起こし、成長して粒径が大きくなることが知られている。車両用内燃機関から排出される排気の浄化においては、NOx触媒に加わる熱負荷が大きく、白金Ptのシタリングを避けることはできない。このように白金Ptがシタリングを起こすと、白金PtとカリウムKの接触面積が少なくなり、即ち、白金PtとカリウムKの界面が少なくなる。この結果、NOx触媒のNOx吸収能力が低下し、NOx浄化能力が低下する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記SOx被毒劣化については、特許第2745985号の特許公報等に開示されているように、所定の解消処理を施すことによって、NOx触媒に吸収されているSOxを放出させSO<sub>2</sub>に還元することができるので、NOx触媒をSOx被毒から解消させることが可能である。

【0012】これに対して、一度シタリングを起こしたPtをシタリングする前の状態に戻すことは不可能

であり、したがって、NO<sub>x</sub>触媒を熱劣化から回復することはできない。そのため、NO<sub>x</sub>触媒を管理する上で、NO<sub>x</sub>触媒の熱劣化の状態を把握することは重要である。

【0013】しかしながら、現在のところ熱劣化の状態を検出する技術は確立されておらず、熱劣化の状態を検出する技術の開発が切望されている。

【0014】本発明はこのような従来の技術の問題点に鑑みてなされたものであり、NO<sub>x</sub>触媒の劣化の状態を判断する技術を確立することにより、内燃機関の排気浄化技術の向上を図ることにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記した課題を解決するために以下のような手段を採用した。

【0016】すなわち、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置は、酸素過剰状態の混合気を燃焼可能とする希薄燃焼式の内燃機関と、前記内燃機関の排気通路に設けられ、排気の空燃比が高いときは排気中の窒素酸化物を吸収し、排気の空燃比が低いときは吸収していた窒素酸化物を放出しつつ還元するNO<sub>x</sub>触媒と、前記NO<sub>x</sub>触媒に吸収された窒素酸化物を放出及び還元すべくNO<sub>x</sub>浄化処理を実行するNO<sub>x</sub>浄化制御手段と、前記NO<sub>x</sub>触媒の酸化物による被毒を解消すべく被毒解消処理を実行する被毒解消制御手段と、前記被毒解消制御手段が実行した被毒解消処理の回数を記憶する被毒解消処理回数記憶手段と、前記被毒解消処理回数記憶手段に記憶された被毒解消処理の実行回数に基づいて前記NO<sub>x</sub>触媒の劣化状態を判断する触媒劣化判断手段と、を具備することを特徴とする。

【0017】前記触媒劣化判断手段は、予め求められた被毒解消処理実行回数と触媒劣化度合との相関関係に基づいて前記NO<sub>x</sub>触媒の劣化状態を判断することができる。

【0018】このように構成された内燃機関の排気浄化装置では、内燃機関が希薄燃焼運転されているときは、排気の空燃比が高くなるため、排気中に含まれる窒素酸化物がNO<sub>x</sub>触媒に吸収される。そして、NO<sub>x</sub>触媒に吸収された窒素酸化物を放出及び還元させる必要が生じると、NO<sub>x</sub>浄化制御手段は、NO<sub>x</sub>浄化処理を実行して前記NO<sub>x</sub>触媒に吸収されている窒素酸化物を放出及び還元させる。

【0019】また、被毒解消制御手段は、NO<sub>x</sub>触媒の酸化物による被毒を解消する必要が生じると、NO<sub>x</sub>触媒の被毒解消処理を実行する。NO<sub>x</sub>触媒の酸化物被毒を解消する場合は、NO<sub>x</sub>触媒内を還元雰囲気にする必要があるため、被毒解消処理では、被毒解消制御手段は、例えば、NO<sub>x</sub>触媒に流入する排気の空燃比を理論空燃比又はリッチ空燃比まで低下させ、NO<sub>x</sub>触媒に吸蔵されている酸化物を放出させる。

【0020】そして、触媒劣化判断手段が、予め求めら

れた被毒解消処理実行回数と触媒劣化度合との相関関係に基づき、被毒解消処理の実行回数からNO<sub>x</sub>触媒の劣化状態を判定する。

【0021】この劣化には熱劣化の他に、SO<sub>x</sub>被毒が完全に解消されないで蓄積されたSO<sub>x</sub>被毒劣化や、その他の被毒劣化も含まれる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置の具体的な実施態様について図面に基づいて説明する。ここでは、本発明に係る排気浄化装置を車両駆動用のディーゼル機関に適用した場合を例に挙げて説明する。

【0023】図1は、本発明に係る排気浄化装置を適用する内燃機関とその吸排気系の概略構成を示す図である。

【0024】図1に示す内燃機関1は、4つの気筒2を有する水冷式の4ストローク・サイクル・ディーゼル機関である。

【0025】内燃機関1は、各気筒2の燃焼室に直接燃料を噴射する燃料噴射弁3を備えている。各燃料噴射弁3は、燃料を所定圧まで蓄圧する蓄圧室（コモンレール）4と接続されている。このコモンレール4には、該コモンレール4内の燃料の圧力に対応した電気信号を出力するコモンレール圧センサ4aが取り付けられている。

【0026】前記コモンレール4は、燃料供給管5を介して燃料ポンプ6と連通している。この燃料ポンプ6は、内燃機関1の出力軸（クランクシャフト）の回転トルクを駆動源として作動するポンプであり、該燃料ポンプ6の入力軸に取り付けられたポンププーリ6aが内燃機関1の出力軸（クランクシャフト）に取り付けられたクランクプーリ1aとベルト7を介して連結されている。

【0027】このように構成された燃料噴射系では、クランクシャフトの回転トルクが燃料ポンプ6の入力軸へ伝達されると、燃料ポンプ6は、クランクシャフトから該燃料ポンプ6の入力軸へ伝達された回転トルクに応じた圧力で燃料を吐出する。

【0028】前記燃料ポンプ6から吐出された燃料は、燃料供給管5を介してコモンレール4へ供給され、コモンレール4にて所定圧まで蓄圧されて各気筒2の燃料噴射弁3へ分配される。そして、燃料噴射弁3に駆動電流が印加されると、燃料噴射弁3が開弁し、その結果、燃料噴射弁3から気筒2内へ燃料が噴射される。

【0029】次に、内燃機関1には、吸気枝管8が接続されており、吸気枝管8の各枝管は、各気筒2の燃焼室と図示しない吸気ポートを介して連通している。

【0030】前記吸気枝管8は、吸気管9に接続され、この吸気管9は、エアクリーナボックス10に接続されている。前記エアクリーナボックス10より下流の吸気

管9には、該吸気管9内を流れる吸気の質量に対応した電気信号を出力するエアフローメータ11と、該吸気管9内を流れる吸気の温度に対応した電気信号を出力する吸気温度センサ12とが取り付けられている。

【0031】前記吸気管9における吸気枝管8の直上流に位置する部位には、該吸気管9内を流れる吸気の流量を調節する吸気絞り弁13が設けられている。この吸気絞り弁13には、ステッパモータ等で構成されて該吸気絞り弁13を開閉駆動する吸気絞り用アクチュエータ14が取り付けられている。

【0032】前記エアフローメータ11と前記吸気絞り弁13との間に位置する吸気管9には、排気の熱エネルギーを駆動源として作動する遠心過給機（ターボチャージャ）15のコンプレッサハウジング15aが設けられ、コンプレッサハウジング15aより下流の吸気管9には、前記コンプレッサハウジング15a内で圧縮されて高温となった吸気を冷却するためのインタークーラ16が設けられている。

【0033】このように構成された吸気系では、エアクリーナボックス10に流入した吸気は、該エアクリーナボックス10内の図示しないエアクリーナによって吸気中の塵や埃等が除去された後、吸気管9を介してコンプレッサハウジング15aに流入する。

【0034】コンプレッサハウジング15aに流入した吸気は、該コンプレッサハウジング15aに内装されたコンプレッサホイールの回転によって圧縮される。前記コンプレッサハウジング15a内で圧縮されて高温となった吸気は、インタークーラ16にて冷却された後、必要に応じて吸気絞り弁13によって流量を調節されて吸気枝管8に流入する。吸気枝管8に流入した吸気は、各枝管を介して各気筒2の燃焼室へ分配され、各気筒2の燃料噴射弁3から噴射された燃料を着火源として燃焼される。

【0035】一方、内燃機関1には、排気枝管18が接続され、排気枝管18の各枝管が図示しない排気ポートを介して各気筒2の燃焼室と連通している。

【0036】前記排気枝管18は、前記遠心過給機15のタービンハウジング15bと接続されている。前記タービンハウジング15bは、排気管19と接続され、この排気管19は、下流にて図示しないマフラーに接続されている。

【0037】前記排気管19の途中には、排気中の有害ガス成分を浄化するための排気浄化触媒20が配置されている。排気浄化触媒20より下流の排気管19には、該排気管19内を流れる排気の空燃比に対応した電気信号を出力する空燃比センサ23と、該排気管19内を流れる排気の温度に対応した電気信号を出力する排気温度センサ24とが取り付けられている。

【0038】前記した空燃比センサ23及び排気温度センサ24より下流の排気管19には、該排気管19内を

流れる排気の流量を調節する排気絞り弁21が設けられている。この排気絞り弁21には、ステッパモータ等で構成されて該排気絞り弁21を開閉駆動する排気絞り用アクチュエータ22が取り付けられている。

【0039】このように構成された排気系では、内燃機関1の各気筒2で燃焼された混合気（既燃ガス）が排気ポートを介して排気枝管18へ排出され、次いで排気枝管18から遠心過給機15のタービンハウジング15bへ流入する。タービンハウジング15bに流入した排気は、該排気を持つ熱エネルギーを利用してタービンハウジング15b内に回転自在に支持されたタービンホイールを回転させる。その際、タービンホイールの回転トルクは、前述したコンプレッサハウジング15aのコンプレッサホイールへ伝達される。

【0040】前記タービンハウジング15bから排出された排気は、排気管19を介して排気浄化触媒20へ流入し、排気中の有害ガス成分が除去又は浄化される。排気浄化触媒20にて有害ガス成分を除去又は浄化された排気は、必要に応じて排気絞り弁21によって流量を調節された後にマフラーを介して大気中に放出される。

【0041】また、排気枝管18と吸気枝管8とは、排気枝管18内を流れる排気の一部を吸気枝管8へ再循環させる排気再循環通路（EGR通路）25を介して連通されている。このEGR通路25の途中には、電磁弁などで構成され、印加電力の大きさに応じて前記EGR通路25内を流れる排気（以下、EGRガスと称する）の流量を変更する流量調整弁（EGR弁）26が設けられている。

【0042】前記EGR通路25においてEGR弁26より上流の部位には、該EGR通路25内を流れるEGRガスを冷却するEGRクーラ27が設けられている。

【0043】このように構成された排気再循環機構では、EGR弁26が開弁されると、EGR通路25が導通状態となり、排気枝管18内を流れる排気の一部が前記EGR通路25へ流入し、EGRクーラ27を経て吸気枝管8へ導かれる。

【0044】その際、EGRクーラ27では、EGR通路25内を流れるEGRガスと所定の冷媒との間で熱交換が行われ、EGRガスが冷却されることになる。

【0045】EGR通路25を介して排気枝管18から吸気枝管8へ還流されたEGRガスは、吸気枝管8の上流から流れてきた新気と混ざり合いつつ各気筒2の燃焼室へ導かれ、燃料噴射弁3から噴射される燃料を着火源として燃焼される。

【0046】ここで、EGRガスには、水（ $H_2O$ ）や二酸化炭素（ $CO_2$ ）などのように、自らが燃焼することがなく、且つ、吸熱性を有する不活性ガス成分が含まれているため、EGRガスが混合気中に含有されると、混合気の燃焼温度が低められ、以て窒素酸化物（ $NO_x$ ）の発生量が抑制される。

【0047】更に、EGRクーラ27においてEGRガスが冷却されると、EGRガス自体の温度が低下するとともにEGRガスの体積が縮小されるため、EGRガスが燃焼室内に供給されたときに該燃焼室内の雰囲気温度が不要に上昇することがなくなるとともに、燃焼室内に供給される新気の量（新気の体積）が不要に減少することもない。

【0048】次に、本実施の形態に係る排気浄化触媒20について具体的に説明する。

【0049】排気浄化触媒20は、還元剤の存在下で排気中の窒素酸化物（NOx）を浄化するNOx触媒である。このようなNOx触媒としては、選択還元型NOx触媒や吸蔵還元型NOx触媒等を例示することができるが、ここでは吸蔵還元型NOx触媒を例に挙げて説明する。以下、排気浄化触媒20を吸蔵還元型NOx触媒20と称するものとする。

【0050】吸蔵還元型NOx触媒20は、例えば、アルミナを担体とし、その担体上に、カリウム（K）、ナトリウム（Na）、リチウム（Li）、もしくはセシウム（Cs）等のアルカリ金属と、バリウム（Ba）もしくはカルシウム（Ca）等のアルカリ土類と、ランタン（La）もしくはイットリウム（Y）等の希土類とから選択された少なくとも1つと、白金（Pt）等の貴金属とを担持して構成されている。尚、本実施の形態では、アルミナからなる担体上にバリウム（Ba）と白金（Pt）とを担持して構成される吸蔵還元型NOx触媒を例に挙げて説明する。

【0051】このように構成された吸蔵還元型NOx触媒20は、該吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気の酸素濃度が高いときは排気中の窒素酸化物（NOx）を吸収する。

【0052】一方、吸蔵還元型NOx触媒20は、該吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気の酸素濃度が低下したときは吸収していた窒素酸化物（NOx）を放出する。その際、排気中に炭化水素（HC）や一酸化炭素（CO）等の還元成分が存在していれば、吸蔵還元型NOx触媒20は、該吸蔵還元型NOx触媒20から放出された窒素酸化物（NOx）を窒素（N<sub>2</sub>）に還元せしめることができる。

【0053】尚、吸蔵還元型NOx触媒20のNOx吸放出作用については明らかにされていない部分もあるが、おおよそ以下のようなメカニズムによって行われていると考えられる。

【0054】先ず、吸蔵還元型NOx触媒20では、該吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気の空燃比がリーン空燃比となって排気中の酸素濃度が高まると、図2（A）に示されるように、排気中の酸素（O<sub>2</sub>）がO<sub>2</sub><sup>-</sup>またはO<sub>2</sub><sup>2-</sup>の形で白金（Pt）の表面上に付着する。排気中の一酸化窒素（NO）は、白金（Pt）の表面上でO<sub>2</sub><sup>-</sup>またはO<sub>2</sub><sup>2-</sup>と反応して二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）を形成

する（2NO+O<sub>2</sub>→2NO<sub>2</sub>）。二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）は、白金（Pt）の表面上で更に酸化され、硝酸イオン（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>）の形で吸蔵還元型NOx触媒20に吸収される。尚、吸蔵還元型NOx触媒20に吸収された硝酸イオン（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>）は、酸化バリウム（BaO）と結合して硝酸バリウム（Ba（NO<sub>3</sub>）<sub>2</sub>）を形成する。

【0055】このように吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気の空燃比がリーン空燃比であるときは、排気中の窒素酸化物（NOx）が硝酸イオン（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>）として吸蔵還元型NOx触媒20に吸収される。

【0056】上記したようなNOx吸収作用は、流入排気空燃比がリーン空燃比であり、且つ吸蔵還元型NOx触媒20のNOx吸収能力が飽和しない限り継続される。従って、吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気空燃比がリーン空燃比であるときは、吸蔵還元型NOx触媒20のNOx吸収能力が飽和しない限り、排気中の窒素酸化物（NOx）が吸蔵還元型NOx触媒20に吸収され、排気中から窒素酸化物（NOx）が除去されることになる。

【0057】これに対して、吸蔵還元型NOx触媒20では、該吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気の酸素濃度が低下すると、白金（Pt）の表面上において二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）の生成量が減少するため、酸化バリウム（BaO）と結合していた硝酸イオン（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>）が逆に二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）や一酸化窒素（NO）となって吸蔵還元型NOx触媒20から離脱する。

【0058】その際、排気中に炭化水素（HC）や一酸化炭素（CO）等の還元成分が存在していれば、それらの還元成分が白金（Pt）上の酸素（O<sub>2</sub>-またはO<sub>2</sub><sup>2-</sup>）と部分的に反応して活性種を形成する。この活性種は、吸蔵還元型NOx触媒20から放出された二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）や一酸化窒素（NO）を窒素（N<sub>2</sub>）に還元せしめることになる。

【0059】従って、吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気空燃比が理論空燃比又はリッチ空燃比となって排気中の酸素濃度が低下するとともに還元剤の濃度が高まると、吸蔵還元型NOx触媒20に吸収されていた窒素酸化物（NOx）が放出及び還元され、以て吸蔵還元型NOx触媒20のNOx吸収能力が再生されることになる。

【0060】ところで、内燃機関1が希薄燃焼運転されている場合は、内燃機関1から排出される排気空燃比がリーン雰囲気となり排気中の酸素濃度が高くなるため、排気中に含まれる窒素酸化物（NOx）が吸蔵還元型NOx触媒20に吸収されることになるが、内燃機関1の希薄燃焼運転が長期間継続されると、吸蔵還元型NOx触媒20のNOx吸収能力が飽和し、排気中の窒素酸化物（NOx）が吸蔵還元型NOx触媒20にて除去されずに大気中へ放出されてしまう。

【0061】特に、内燃機関1のようなディーゼル機関

では、大部分の運転領域においてリーン空燃比の混合気が燃焼され、それに応じて大部分の運転領域において排気空燃比がリーン空燃比となるため、吸蔵還元型NO<sub>x</sub>触媒20のNO<sub>x</sub>吸収能力が飽和し易い。

【0062】従って、内燃機関1が希薄燃焼運転されている場合は、吸蔵還元型NO<sub>x</sub>触媒20のNO<sub>x</sub>吸収能力が飽和する前に吸蔵還元型NO<sub>x</sub>触媒20に流入する排気中の酸素濃度を低下させるとともに還元剤の濃度を高め、吸蔵還元型NO<sub>x</sub>触媒20に吸収された窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)を放出及び還元させる必要がある。

【0063】これに対し、本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置は、吸蔵還元型NO<sub>x</sub>触媒20より上流の排気通路を流れる排気中に還元剤たる燃料(軽油)を添加する還元剤供給機構を備え、この還元剤供給機構から排気中へ燃料を添加することにより、吸蔵還元型NO<sub>x</sub>触媒20に流入する排気の酸素濃度を低下させるとともに還元剤の濃度を高めるようにした。

【0064】還元剤供給機構は、図1に示されるように、その噴孔が排気枝管18内に臨むよう内燃機関1のシリンダヘッドに取り付けられ、所定の開弁圧以上の燃料が印加されたときに開弁して燃料を噴射する還元剤噴射弁28と、前述した燃料ポンプ6から吐出された燃料を前記還元剤噴射弁28へ導く還元剤供給路29と、この還元剤供給路29の途中に設けられ該還元剤供給通路29内を流れる燃料の流量を調整する流量調整弁30と、この流量調整弁30より上流の還元剤供給路29に設けられて該還元剤供給路29内の燃料の流れを遮断する遮断弁31と、前記流量調整弁30より上流の還元剤供給路29に取り付けられ該還元剤供給路29内の圧力に対応した電気信号を出力する還元剤圧力センサ32と、を備えている。

【0065】尚、還元剤噴射弁28は、該還元剤噴射弁28の噴孔が排気枝管18におけるEGR通路25との接続部位より下流であって、排気枝管18における4つの枝管の集合部に最も近い気筒2の排気ポートに突出するとともに、排気枝管18の集合部へ向くようシリンダヘッドに取り付けられることが好ましい。

【0066】これは、還元剤噴射弁28から噴射された還元剤(未燃の燃料成分)がEGR通路25へ流入するのを防止するとともに、還元剤が排気枝管18内に滞ることなく遠心過給機のタービンハウジング15bへ到達するようにするためである。

【0067】尚、図1に示す例では、内燃機関1の4つの気筒2のうち1番(#1)気筒2が排気枝管18の集合部と最も近い位置にあるため、1番(#1)気筒2の排気ポートに還元剤噴射弁28が取り付けられているが、1番(#1)気筒2以外の気筒2が排気枝管18の集合部と最も近い位置にあるときは、その気筒2の排気ポートに還元剤噴射弁28が取り付けられるようにする。

【0068】また、前記還元剤噴射弁28は、シリンダヘッドに形成された図示しないウォータージャケットを貫通、あるいはウォータージャケットに近接して取り付けられるようにし、前記ウォータージャケットを流れる冷却水を利用して還元剤噴射弁28を冷却するようにしてもよい。

【0069】このような還元剤供給機構では、流量調整弁30が開弁されると、燃料ポンプ6から吐出された高圧の燃料が還元剤供給路29を介して還元剤噴射弁28へ印加される。そして、還元剤噴射弁28に印加される燃料の圧力が開弁圧以上に達すると、該還元剤噴射弁28が開弁して排気枝管18内へ還元剤としての燃料が噴射される。

【0070】還元剤噴射弁28から排気枝管18内へ噴射された還元剤は、排気枝管18の上流から流れてきた排気とともにタービンハウジング15bへ流入する。タービンハウジング15b内に流入した排気と還元剤とは、タービンホイールの回転によって攪拌されて均質に混合され、リッチ空燃比の排気を形成する。

【0071】このようにして形成されたリッチ空燃比の排気は、タービンハウジング15bから排気管19を介して吸蔵還元型NO<sub>x</sub>触媒20に流入し、吸蔵還元型NO<sub>x</sub>触媒20に吸収されていた窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)を放出させつつ窒素(N<sub>2</sub>)に還元することになる。

【0072】その後、流量調整弁30が閉弁されて燃料ポンプ6から還元剤噴射弁28への還元剤の供給が遮断されると、還元剤噴射弁28に印加される燃料の圧力が前記開弁圧未満となり、その結果、還元剤噴射弁28が閉弁し、排気枝管18内への還元剤の添加が停止されることになる。

【0073】以上述べたように構成された内燃機関1には、該内燃機関1を制御するための電子制御ユニット(ECU: Electronic Control Unit)35が併設されている。このECU35は、内燃機関1の運転条件や運転者の要求に応じて内燃機関1の運転状態を制御するユニットである。

【0074】ECU35には、コモンレール圧センサ4a、エアフローメータ11、吸気温度センサ12、吸気管圧力センサ17、空燃比センサ23、排気温度センサ24、還元剤圧力センサ32、クランクポジションセンサ33、水温センサ34、アクセル開度センサ36等の各種センサが電気配線を介して接続され、上記した各種センサの出力信号がECU35に入力されるようになっている。

【0075】一方、ECU35には、燃料噴射弁3、吸気絞り用アクチュエータ14、排気絞り用アクチュエータ22、EGR弁26、流量調整弁30、遮断弁31等が電気配線を介して接続され、上記した各部をECU35が制御することが可能になっている。

【0076】ここで、ECU35は、図3に示すよう

に、双方向性バス350によって相互に接続された、CPU351と、ROM352と、RAM353と、バックアップRAM354と、入力ポート356と、出力ポート357とを備えたとともに、前記入力ポート356に接続されたA/Dコンバータ(A/D)355を備えている。

【0077】前記入力ポート356は、クランクポジションセンサ33のようにデジタル信号形式の信号を出力するセンサの出力信号を入力し、それらの出力信号をCPU351やRAM353へ送信する。

【0078】前記入力ポート356は、コモンレール圧センサ4a、エアフローメータ11、吸気温度センサ12、吸気管圧力センサ17、空燃比センサ23、排気温度センサ24、還元剤圧力センサ32、水温センサ34、アクセル開度センサ36、等のように、アナログ信号形式の信号を出力するセンサのA/D355を介して入力し、それらの出力信号をCPU351やRAM353へ送信する。

【0079】前記出力ポート357は、燃料噴射弁3、吸気絞り用アクチュエータ14、排気絞り用アクチュエータ22、EGR弁26、流量調整弁30、遮断弁31等と電気配線を介して接続され、CPU351から出力される制御信号を、前記した燃料噴射弁3、吸気絞り用アクチュエータ14、排気絞り用アクチュエータ22、EGR弁26、流量調整弁30、あるいは遮断弁31へ送信する。

【0080】前記ROM352は、燃料噴射弁3を制御するための燃料噴射制御ルーチン、吸気絞り弁13を制御するための吸気絞り制御ルーチン、排気絞り弁21を制御するための排気絞り制御ルーチン、EGR弁26を制御するためのEGR制御ルーチン、吸蔵還元型NOx触媒20に吸収された窒素酸化物(NOx)を浄化するためのNOx浄化制御ルーチン、吸蔵還元型NOx触媒20の酸化物による被毒を解消するための被毒解消制御ルーチン等のアプリケーションプログラムを記憶している。

【0081】前記ROM352は、上記したアプリケーションプログラムに加え、各種の制御マップを記憶している。前記制御マップは、例えば、内燃機関1の運転状態と基本燃料噴射量(基本燃料噴射時間)との関係を示す燃料噴射量制御マップ、内燃機関1の運転状態と基本燃料噴射時期との関係を示す燃料噴射時期制御マップ、内燃機関1の運転状態と吸気絞り弁13の目標開度との関係を示す吸気絞り弁開度制御マップ、内燃機関1の運転状態と排気絞り弁21の目標開度との関係を示す排気絞り弁開度制御マップ、内燃機関1の運転状態とEGR弁26の目標開度との関係を示すEGR弁開度制御マップ、内燃機関1の運転状態と還元剤の目標添加量(もしくは、排気の目標空燃比)との関係を示す還元剤添加量制御マップ、還元剤の目標添加量と流量調整弁30の開

弁時間との関係を示す流量調整弁制御マップ等である。

【0082】前記RAM353は、各センサからの出力信号やCPU351の演算結果等を格納する。前記演算結果は、例えば、クランクポジションセンサ33がパルス信号を出力する時間的な間隔に基づいて算出される機関回転数である。これらのデータは、クランクポジションセンサ33がパルス信号を出力する都度、最新のデータに書き換えられる。

【0083】前記バックアップRAM354は、内燃機関1の運転停止後もデータを記憶可能な不揮発性のメモリである。

【0084】前記CPU351は、前記ROM352に記憶されたアプリケーションプログラムに従って動作して、燃料噴射弁制御、吸気絞り制御、排気絞り制御、EGR制御、NOx浄化制御、被毒解消制御を実行する。

【0085】例えば、燃料噴射弁制御では、CPU351は、先ず、燃料噴射弁3から噴射される燃料量を決定し、次いで燃料噴射弁3から燃料を噴射する時期を決定する。

【0086】燃料噴射量を決定する場合は、CPU351は、RAM353に記憶されている機関回転数とアクセル開度センサ36の出力信号(アクセル開度)とを読み出す。CPU351は、燃料噴射量制御マップへアクセスし、前記機関回転数及び前記アクセル開度に対応した基本燃料噴射量(基本燃料噴射時間)を算出する。CPU351は、エアフローメータ11、吸気温度センサ12、水温センサ34等の出力信号値等に基づいて前記基本燃料噴射時間を補正し、最終的な燃料噴射時間を決定する。

【0087】燃料噴射時期を決定する場合は、CPU351は、燃料噴射開始時期制御マップへアクセスし、前記機関回転数及び前記アクセル開度に対応した基本燃料噴射時期を算出する。CPU351は、エアフローメータ11、吸気温度センサ12、水温センサ34等の出力信号値をパラメータとして前記基本燃料噴射時期を補正し、最終的な燃料噴射時期を決定する。

【0088】燃料噴射時間と燃料噴射時期とが決定されると、CPU351は、前記燃料噴射時期とクランクポジションセンサ33の出力信号とを比較し、前記クランクポジションセンサ33の出力信号が前記燃料噴射開始時期と一致した時点で燃料噴射弁3に対する駆動電力の印加を開始する。CPU351は、燃料噴射弁3に対する駆動電力の印加を開始した時点からの経過時間が前記燃料噴射時間に達した時点で燃料噴射弁3に対する駆動電力の印加を停止する。

【0089】尚、燃料噴射制御において内燃機関1の運転状態がアイドル運転状態にある場合は、CPU351は、水温センサ34の出力信号値や、車室内用空調装置のコンプレッサのようにクランクシャフトの回転力を利用して作動する補機類の作動状態等をパラメータとして



内燃機関1の目標アイドル回転数を算出する。そして、CPU351は、実際のアイドル回転数が目標アイドル回転数と一致するよう燃料噴射量をフィードバック制御する。

【0090】また、吸気絞り制御では、CPU351は、例えば、RAM353に記憶されている機関回転数とアクセル開度とを読み出す。CPU351は、吸気絞り弁開度制御マップへアクセスし、機関回転数及びアクセル開度に対応した目標吸気絞り弁開度を算出する。CPU351は、前記目標吸気絞り弁開度に対応した駆動電力を吸気絞り用アクチュエータ14に印加する。その際、CPU351は、吸気絞り弁13の実際の開度を検出して、実際の吸気絞り弁13の開度と目標吸気絞り弁開度との差分に基づいて前記吸気絞り用アクチュエータ14をフィードバック制御するようにしてもよい。

【0091】また、排気絞り制御では、CPU351は、例えば、内燃機関1が冷間始動後の暖機運転状態にある場合や、車室内用ヒータが作動状態にある場合などに排気絞り弁21を閉弁方向へ駆動すべく排気絞り用アクチュエータ22を制御する。

【0092】この場合、内燃機関1の負荷が増大し、それに対応して燃料噴射量が増量されることとなる。その結果、内燃機関1の発熱量が増加し、内燃機関1の暖機が促進されるとともに、車室内用ヒータの熱源が確保される。

【0093】また、EGR制御では、CPU351は、RAM353に記憶されている機関回転数、水温センサ34の出力信号（冷却水温度）、アクセル開度センサ36の出力信号（アクセル開度）等を読み出し、EGR制御の実行条件が成立しているか否かを判別する。

【0094】上記したEGR制御実行条件としては、冷却水温度が所定温度以上にある、内燃機関1が始動時から所定時間以上連続して運転されている、アクセル開度の変化量が正值である等の条件を例示することができる。

【0095】上記したようなEGR制御実行条件が成立していると判定した場合は、CPU351は、機関回転数とアクセル開度とをパラメータとしてEGR弁開度制御マップへアクセスし、前記機関回転数及び前記アクセル開度に対応した目標EGR弁開度を算出する。CPU351は、前記目標EGR弁開度に対応した駆動電力をEGR弁26に印加する。一方、上記したようなEGR制御実行条件が成立していないと判定した場合は、CPU351は、EGR弁26を全閉状態に保持すべく制御する。

【0096】更に、EGR制御では、CPU351は、内燃機関1の吸入空気量をパラメータとしてEGR弁26の開度をフィードバック制御する、いわゆるEGR弁フィードバック制御を行うようにしてもよい。

【0097】EGR弁フィードバック制御では、例え

ば、CPU351は、アクセル開度や機関回転数等をパラメータとして内燃機関1の目標吸入空気量を決定する。その際、アクセル開度と機関回転数と目標吸入空気量との関係を予めマップ化しておき、そのマップとアクセル開度と機関回転数とから目標吸入空気量が算出されるようにしてもよい。

【0098】上記した手順により目標吸入空気量が決定されると、CPU351は、RAM353に記憶されたエアフローメータ11の出力信号値（実際の吸入空気量）を読み出し、実際の吸入空気量と目標吸入空気量とを比較する。

【0099】前記した実際の吸入空気量が前記目標吸入空気量より少ない場合には、CPU351は、EGR弁26を所定量閉弁させる。この場合、EGR通路25から吸気枝管8へ流入するEGRガス量が減少し、それに応じて内燃機関1の気筒2内に吸入されるEGRガス量が減少することになる。その結果、内燃機関1の気筒2内に吸入される新気の量は、EGRガスが減少した分だけ増加する。

【0100】一方、実際の吸入空気量が目標吸入空気量より多い場合には、CPU351は、EGR弁26を所定量開弁させる。この場合、EGR通路25から吸気枝管8へ流入するEGRガス量が増加し、それに応じて内燃機関1の気筒2内に吸入されるEGRガス量が増加する。この結果、内燃機関1の気筒2内に吸入される新気の量は、EGRガスが増加した分だけ減少することになる。

【0101】次に、NOx浄化制御では、CPU351は、吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気の空燃比を比較的に短い周期でスパイク的（短時間）にリッチ空燃比とする、所謂リッチスパイク制御を実行する。

【0102】リッチスパイク制御では、CPU351は、所定の周期毎にリッチスパイク制御実行条件が成立しているか否かを判別する。このリッチスパイク制御実行条件としては、例えば、吸蔵還元型NOx触媒20が活性状態にある、排気温度センサ24の出力信号値（排気温度）が所定の上限値以下である、被毒解消制御が実行されていない、等の条件を例示することができる。

【0103】上記したようなリッチスパイク制御実行条件が成立していると判定された場合は、CPU351は、還元剤噴射弁28からスパイク的に還元剤たる燃料を噴射させるべく流量調整弁30を制御することにより、吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気の空燃比を一時的に所定の目標リッチ空燃比とする。

【0104】具体的には、CPU351は、RAM353に記憶されている機関回転数、アクセル開度センサ36の出力信号（アクセル開度）、エアフローメータ11の出力信号値（吸入空気量）、空燃比センサ23の出力信号、燃料噴射量等を読み出す。CPU351は、前記した機関回転数とアクセル開度と吸入空気量と燃料噴射

量とをパラメータとしてROM352の還元剤添加量制御マップへアクセスし、排気空燃比を予め設定された目標リッチ空燃比とする上で必要となる還元剤の添加量（目標添加量）を算出する。

【0105】続いて、CPU351は、前記目標添加量をパラメータとしてROM352の流量調整弁制御マップへアクセスし、還元剤噴射弁28から目標添加量の還元剤を噴射させる上で必要となる流量調整弁30の開弁時間（目標開弁時間）を算出する。

【0106】流量調整弁30の目標開弁時間が算出されると、CPU351は、流量調整弁30を開弁させる。この場合、燃料ポンプ6から吐出された高圧の燃料が還元剤供給路29を介して還元剤噴射弁28へ供給されるため、還元剤噴射弁28に印加される燃料の圧力が開弁圧以上に達し、還元剤噴射弁28が開弁する。

【0107】CPU351は、流量調整弁30を開弁させた時点から前記目標開弁時間が経過すると、流量調整弁30を閉弁させる。この場合、燃料ポンプ6から還元剤噴射弁28への還元剤の供給が遮断されるため、還元剤噴射弁28に印加される燃料の圧力が開弁圧未満となり、還元剤噴射弁28が閉弁する。

【0108】このように流量調整弁30が目標開弁時間だけ開弁されると、目標添加量の燃料が還元剤噴射弁28から排気枝管18内へ噴射されることになる。そして、還元剤噴射弁28から噴射された還元剤は、排気枝管18の上流から流れてきた排気と混ざり合って目標リッチ空燃比の混合気を形成して吸蔵還元型NOx触媒20に流入する。

【0109】この結果、吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気空燃比は、比較的短い周期で「リーン」と「スパイク的な目標リッチ空燃比」とを交互に繰り返すことになり、以て、吸蔵還元型NOx触媒20が窒素酸化物（NOx）の吸収と放出・還元とを交互に短周期的に繰り返すことになる。

【0110】次に、被毒解消制御では、CPU351は、吸蔵還元型NOx触媒20の酸化物による被毒を解消すべく被毒解消処理を行うことになる。

【0111】ここで、内燃機関1の燃料には硫黄（S）が含まれている場合があり、そのような燃料が内燃機関1で燃焼されると、二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）や三酸化硫黄（SO<sub>3</sub>）などの硫黄酸化物（SO<sub>x</sub>）が生成される。

【0112】硫黄酸化物（SO<sub>x</sub>）は、排気とともに吸蔵還元型NOx触媒20に流入し、窒素酸化物（NOx）と同様のメカニズムによって吸蔵還元型NOx触媒20に吸収される。

【0113】具体的には、吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気空燃比がリーン空燃比であるときには、前述したNOx吸収メカニズムの説明で述べたように、酸素（O<sub>2</sub>）がO<sub>2</sub><sup>-</sup>又はO<sup>2-</sup>の形で白金（Pt）の表面に付着しているため、流入排気ガス中の二酸化硫黄（S

O<sub>2</sub>）や三酸化硫黄（SO<sub>3</sub>）等の硫黄酸化物（SO<sub>x</sub>）が白金（Pt）の表面上でO<sub>2</sub><sup>-</sup>又はO<sup>2-</sup>と反応してSO<sub>3</sub><sup>-</sup>やSO<sub>4</sub><sup>-</sup>となる。

【0114】SO<sub>3</sub><sup>-</sup>やSO<sub>4</sub><sup>-</sup>は、白金（Pt）の表面上で更に酸化され、硫酸イオン（SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）の形で吸蔵還元型NOx触媒20に吸収される。尚、吸蔵還元型NOx触媒20に吸収された硫酸イオン（SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）は、酸化バリウム（BaO）と結合して硫酸塩（BaSO<sub>4</sub>）を形成する。

【0115】このように吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気空燃比がリーン空燃比であるときは、排気中の硫黄酸化物（SO<sub>x</sub>）が硫酸イオン（SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）として吸蔵還元型NOx触媒20に吸収される。

【0116】ところで、硫酸塩（BaSO<sub>4</sub>）は、硝酸バリウム（Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>）に比して安定していて分解し難く、吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気空燃比が理論空燃比又はリッチ空燃比となっても分解されずに吸蔵還元型NOx触媒20内に残留してしまう。

【0117】吸蔵還元型NOx触媒20における硫酸塩（BaSO<sub>4</sub>）の量が増加すると、それに応じて窒素酸化物（NOx）の吸収に関与することができなくなる酸化バリウム（BaO）の量が減少するため、吸蔵還元型NOx触媒20のNOx吸収能力が低下する、いわゆるSO<sub>x</sub>被毒が発生する。

【0118】吸蔵還元型NOx触媒20のSO<sub>x</sub>被毒を解消する方法としては、吸蔵還元型NOx触媒20の雰囲気温度をおよそ500℃～700℃の高温域まで昇温させるとともに、吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気空燃比をリッチ空燃比とすることにより、吸蔵還元型NOx触媒20に吸収されている硫酸バリウム（BaSO<sub>4</sub>）をSO<sub>3</sub><sup>-</sup>やSO<sub>4</sub><sup>-</sup>に熱分解し、次いでSO<sub>3</sub><sup>-</sup>やSO<sub>4</sub><sup>-</sup>を排気中の炭化水素（HC）や一酸化炭素（CO）と反応させて気体状のSO<sub>2</sub>に還元する方法を例示することができる。

【0119】そこで、本実施の形態に係る被毒解消処理では、CPU351は、先ず吸蔵還元型NOx触媒20の床温を高める触媒昇温処理を実行した上で、吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気空燃比をリッチ空燃比とするようにした。

【0120】触媒昇温処理では、CPU351は、例えば、各気筒2の膨張行程時に燃料噴射弁3から副次的に燃料をポスト噴射させるとともに還元剤噴射弁28から排気中へ燃料を添加させることにより、それらの未燃燃料成分を吸蔵還元型NOx触媒20において酸化させ、酸化の際に発生する熱によって吸蔵還元型NOx触媒20の床温を高めるようにしてもよい。

【0121】但し、吸蔵還元型NOx触媒20が過剰に昇温すると、吸蔵還元型NOx触媒20の熱劣化が誘発される可能性があるため、排気温度センサ24の出力信号値に基づいてポスト噴射燃料量及び添加燃料量がフィ

ードバック制御されるようにすることが好ましい。

【0122】上記したような触媒昇温処理により吸蔵還元型NOx触媒20の床温が500℃～700℃程度の高温域まで上昇すると、CPU351は、吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気空燃比をリッチ空燃比とすべく還元剤噴射弁28から燃料を噴射させる。

【0123】尚、還元剤噴射弁28から過剰な燃料が噴射されると、それらの燃料が吸蔵還元型NOx触媒20で急激に燃焼して吸蔵還元型NOx触媒20が過熱し、或いは還元剤噴射弁28から噴射された過剰な燃料によって吸蔵還元型NOx触媒20が不要に冷却される虞があるため、CPU351は、空燃比センサ23の出力信号に基づいて還元剤噴射弁28からの燃料噴射量をフィードバック制御するようにすることが好ましい。

【0124】このように被毒解消処理が実行されると、吸蔵還元型NOx触媒20の床温が高い状況下で、吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気空燃比がリッチ空燃比となるため、吸蔵還元型NOx触媒20に吸収されている硫酸バリウム( $\text{BaSO}_4$ )が $\text{SO}_3$ -や $\text{SO}_4$ -に熱分解され、それら $\text{SO}_3$ -や $\text{SO}_4$ -が排気中の炭化水素(HC)や一酸化炭素(CO)と反応して気体状の $\text{SO}_2$ -に還元されになり、以て吸蔵還元型NOx触媒20のSOx被毒が解消されることになる。

【0125】また、前述したNOx浄化制御では、CPU351が所定の周期でリッチスパイク制御を実行することにより、吸蔵還元型NOx触媒20に流入する排気空燃比をスパイク的に目標リッチ空燃比とし、吸蔵還元型NOx触媒20に吸収された窒素酸化物(NOx)を放出及び還元している。

【0126】次に、この実施の形態における排気浄化装置のNOx触媒20の熱劣化状態判定方法について説明する。

【0127】図4は、SOx被毒解消の実施回数(再生回数)と触媒劣化の度合いを求めた一実験結果をグラフにしたものである。実験は、硫黄が50ppm含まれる燃料を使用し、約200km走行毎にSOx被毒解消処理を行いつつ約8万km走行した。走行後のNOx触媒のNOx吸蔵能力を実験により求め、新品のNOx触媒のNOx吸蔵能力と比較し、触媒劣化の度合いを求めた。実験で行ったSOx被毒解消回数以上の再生回数と触媒劣化との関係は、実験により求めた関係がその後も継続するとして扱った。この実験により得られたマップは、予めROM352に記憶されている。

【0128】したがって、SOx被毒回復の実施回数分かればROM352に記憶されているマップによりNOx触媒20の劣化の度合いを判定することが可能となる。

【0129】SOx被毒解消の実施回数はバックアップRAM354の所定領域へ記憶され、SOx被毒解消が実施される毎に記憶された回数に一が加算される。

【0130】このようにして求められた触媒劣化度合に基づいて、NOx触媒20の交換時期を警告装置(図示省略)に表示させNOx触媒20の交換を使用者に促すことができる。また、NOx触媒20の劣化度合が進行した場合に、劣化度合に基づいてエンジン制御を変更し劣化の進行を抑制することができる。

【0131】ここで、熱劣化の抑制方法について説明すると、たとえば、一般にエンジンでは減速運転になったときにはフューエルカットを実行しているが、熱劣化が所定度合いまで進行したときには、エンジンが高温運転域にあるときに減速運転となったときにはフューエルカットを禁止することにより熱劣化を抑制することができる。これは、エンジンが高温運転域にあるとNOx触媒20も高温状態になっており、このときにフューエルカットを行うと酸素濃度が高い排気ガスがNOx触媒20に流入することになる。NOx触媒20における触媒物質(Pt)のシタリングは、触媒温度が同じ場合、酸素濃度が高いほどシタリングの進行速度が速いことが知られている。したがって、高温運転域の減速時にフューエルカットを行うと、触媒温度が高温のときに酸素濃度の高い排気ガスが流れることとなってシタリングを促進させてしまう。そこで、高温運転域にあるときに減速運転になったときにはフューエルカットを禁止すれば、NOx触媒20のシタリングを抑制し熱劣化を抑制することができる。

【0132】また、別の熱劣化の抑制方法としては、熱劣化が所定度合いまで進行したときには、それ以前(すなわち、熱劣化が前記所定度合いまで進行していないとき)よりも、エンジンの高温運転域におけるリーン運転領域を減少せしめる方法がある。これも、前述と同じ理由であり、NOx触媒20の触媒温度が高いときには入ガスの酸素濃度を低くした方がNOx触媒20の熱劣化を抑制することができるからである。具体的な制御方法としては、熱劣化が所定度合いまで進行する以前に高温運転域で且つリーン運転領域であった領域の一部または全部を、熱劣化が所定度合いまで進行したとき以降はストイキ(理論空燃比)運転領域に変更する。

【0133】このように熱劣化を抑制することにより、NOx触媒のNOx処理能力低下を抑制することができる。

【0134】

【発明の効果】本発明に係る内燃機関の排気浄化装置は、被毒解消処理の実行回数を記憶し、予め求めておいた触媒劣化度合マップに基づいてNOx触媒の劣化の度合いを判定することができる。

【0135】この結果、NOx触媒の交換時期等を知ることができ、NOx触媒劣化によるNOx浄化率の低下に起因した排気エミッションの悪化を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る内燃機関の排気浄化装置を適用する内燃機関とその吸排気系の概略構成を示す図

【図2】 図2(A)は、吸蔵還元型NOx触媒のNOx吸収メカニズムを説明する図、図2(B)は、吸蔵還元型NOx触媒のNOx放出メカニズムを説明する図

【図3】 ECUの内部構成を示すブロック図

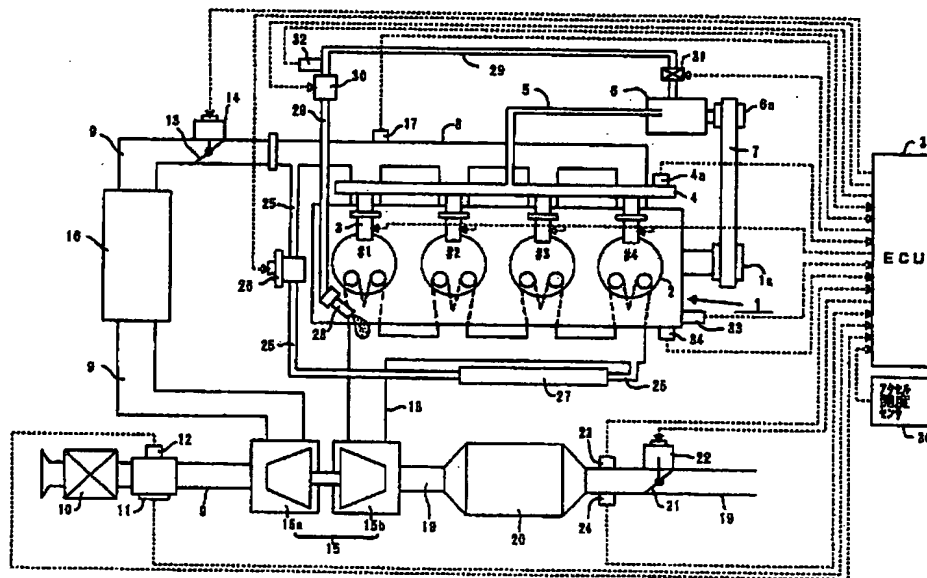
【図4】 実験により求めた被毒解消処理回数と触媒劣化の関係を示す図

【符号の説明】

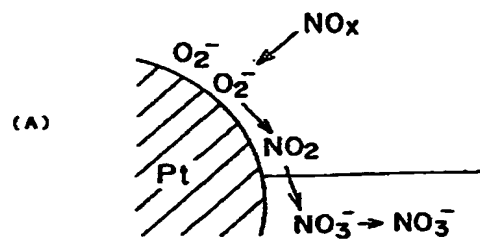
1・・・内燃機関  
2・・・気筒  
3・・・燃料噴射弁  
4・・・コモンレール  
5・・・燃料供給管  
6・・・燃料ポンプ  
18・・・排気枝管  
19・・・排気管  
20・・・吸蔵還元型NOx触媒

21・・・排気絞り弁  
23・・・空燃比センサ  
25・・・EGR通路  
26・・・EGR弁  
27・・・EGRクーラ  
28・・・還元剤噴射弁  
29・・・還元剤供給路  
30・・・流量調整弁  
31・・・遮断弁  
32・・・還元剤圧力センサ  
33・・・クランクポジションセンサ  
34・・・水温センサ  
35・・・ECU  
351・・・CPU  
352・・・ROM  
353・・・RAM  
354・・・バックアップRAM

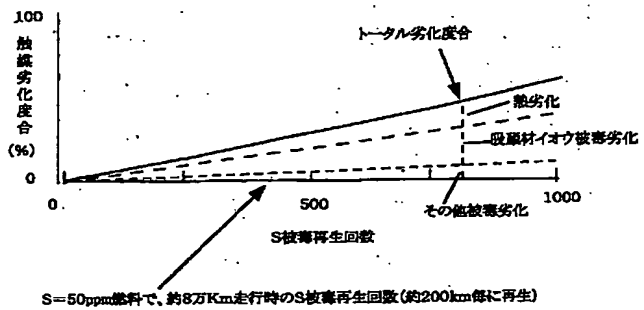
【図1】



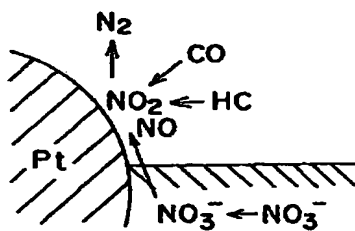
【図2】



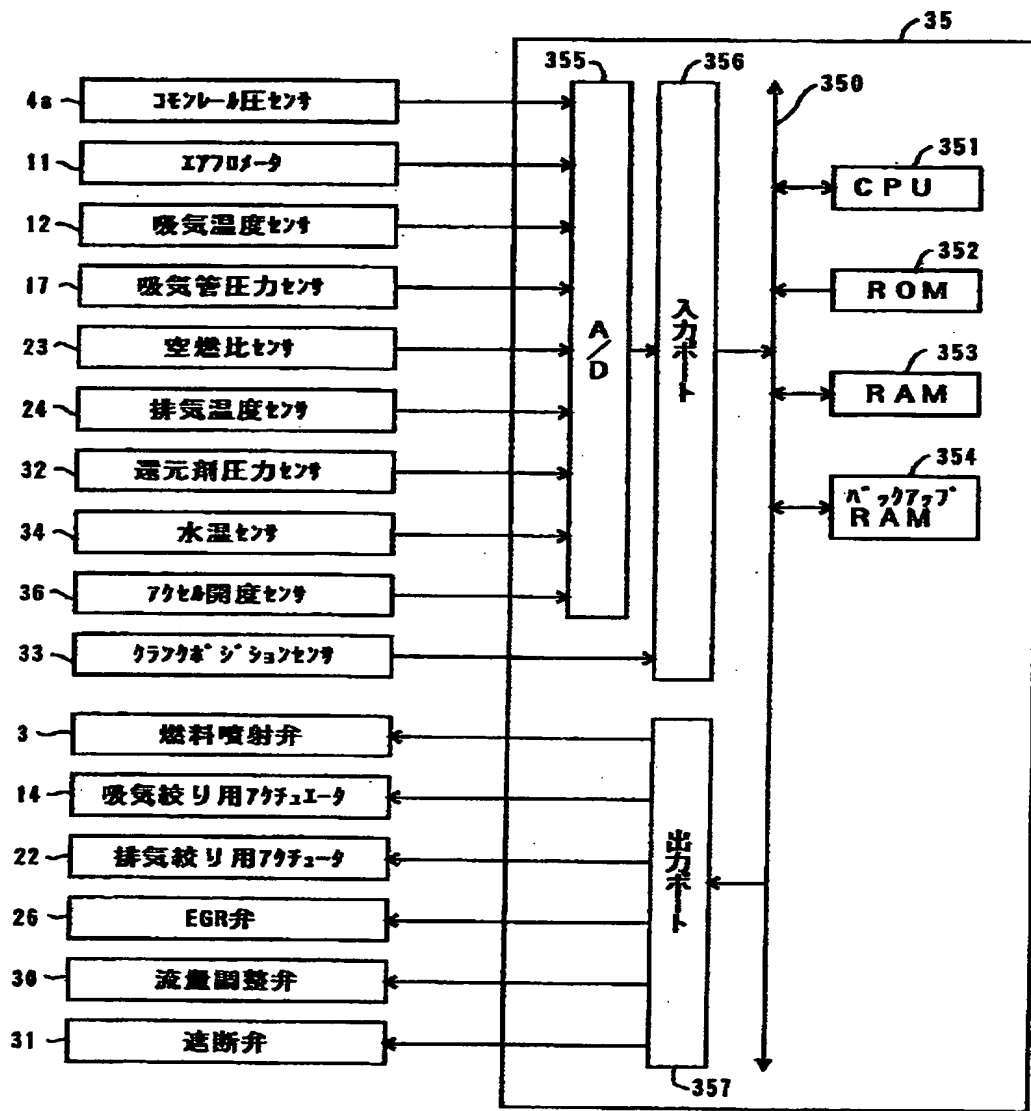
【図4】



(B)



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 大木 久  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 曲田 尚史  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 石山 忍  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 小林 正明  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 柴田 大介  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 小田 富久  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者	原田 泰生	F ターム(参考)	3G084 AA01 BA13 BA19 BA20 DA10
	愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動		DA19 DA27 EB11 FA02 FA07
	車株式会社内		FA10 FA11 FA20 FA27 FA28
(72)発明者	根上 秋彦		FA39
	愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動	3G091	AA02 AA10 AA11 AA18 AA28
	車株式会社内		AB06 BA11 BA14 BA33 CA18
(72)発明者	松岡 広樹		CB02 DC01 EA01 EA05 EA06
	愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動		EA07 EA14 EA16 EA17 EA22
	車株式会社内		FB10 FC02 GB02Z GB03Z
(72)発明者	大坪 康彦		GB04Z GB06Z HA37 HB05
	愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動		HB06
	車株式会社内	3G301	HA02 HA06 HA11 HA13 JA15
(72)発明者	青山 太郎		JA25 JA33 JB09 JB10 LB11
	愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動		LC01 MA11 NC01 NC02 ND01
	車株式会社内		PA01Z PA07Z PA10Z PB08Z
(72)発明者	田原 淳		PD01Z PD11Z PE04Z PE08Z
	愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動		PF03Z
	車株式会社内		